芸術について(数式処理研究の新たな発展)

桐生, 裕介; 北本, 卓也; 山口, 哲

数理解析研究所講究録
第1572巻 2007年 22-38

芸術について

桐生裕介　スタジオフォンズ
北本卓也　山口大・教育学部
山口哲　サイバネットシステム

1　序論

この数年、「数理と芸術」という二つの異なる分野に関する研究を続け、様々な場所で発表を行って来た。その多くは数式処理システム上に構築した記号的に芸術作品制作過程を記述するソフトウェア上で進めており、多くの知見はそのソフトウェア上での論理的考察から得られたものである。発表の多くは数学や数式処理に関わる側面を中心に発表して来ているが、発表の際の質疑応答や多くの反響から察するに、芸術的な側面からも紹介して行く方がいいと思われた。ある意味、これは研究の進展としても有効な発展と言える。今までは数理に慣れた視点で理解し易い考察に傾きがちと感じ進めていたものである。次第に双方の側面から吟味され、互いの領域から発展を探る意味において重要な過程に差し掛かったと考えている。特に芸術と数学の最も顕著な違いの一つは、「省察や想起」を扱う記述という一点ではないだろうか。つまり、書き記されたものそのものを扱うことが少ないとも言える芸術と、論理的に書き記しその曖昧性や矛盾を取り除く数理の姿勢の違いというのは、両極端とも言える違いを有している。象徴的な違いと例示するならばメタファーの存在であろう。本研究はその双方を扱っている。紹介しきれていなかった「省察や想起」を紹介するというのは、文字通り読むならば矛盾しているようでおかしなものである。紹介することである射程に「省察や想起」が留まるならば本来の目的から外れるであろうし、また読み手の思索に存在するはずの「省察や想起」を記述するというのもおかしなものである。本稿においては、あくまでその片鱗を紹介するに留めるが、縦横無尽に「省察や想起」を満喫出来るよう、要所を選択し記述していくものとする。通常の論文などと違い、論理的明確な記述にあくまでも副次的な事実として様々な事実を記載するが、我々が論文として記述したものとその違いを照応することで現時点で明確に述べられることと副次的なものとして述べたことを「省察」し、今後の可能性を「想起」されたい。

本稿はあまりに広大で曖昧模糊とした印象の強い「芸術」という対象に、論理的思考に慣れた数学者や数式処理研究者が関わる糸口を提供するために、簡単化を目指し記述されている。そのため、多少偏った部分があっておかしくない。内容は原典にて再度確かめられて使用することを前提に、あくまでも大きな流れを漠として掴み取るために読まれたい。芸術はそれ自体変化の激しいものである。執筆時の我々の芸術への理解が多分に反映されたかたちではあるが、「芸術」へ取り組まれる数学者に対しての何らかの助けになることを願うものである。

2　芸術

芸術批評のキーワードとして以下のものが挙げられる。

- 表象、表象行為
- シニフィエとシニフィアン

- 寓意

以下、これらについて説明していく。

2.1 表象、表象行為

表象、表象行為とは以下のものをさす。

表象 辞書的定義：(哲) 感覚の複合体として心に思い浮かべられる外的対象の像。知覚内容、記憶像など心に生起するもの。「作品」や「表現」と同じ意味で用いられる。

表象行為 何らかの代理物を何かの意味を表すように組み合わせ、記号表現による感覚の代行表現として定着。芸術批評は主にこの記号を介して議論が進められる。

表象行為で扱えるものの例としては「芸術の可能性の表現」が挙げられる。例えば、新たな意味を持つ構造や構成により可能性を表現。芸術を総括的、または概観する視点も表現される。芸術批評は、記号表現を元にしてこれらを議論する場合が多い。

作品を記号表現と捉え論じるうえでは、ドゥールーズの著書「差異と反復」やJ.デリダの一連の著作の功績は大きいと一般に言われている。既存の記述形式の再構成や差異を使用した表現を含め、この五十年様々な表現形式が勃興したなかで、大きな牽引力になった活動であると言える。自己表現や思想表現を含め、アンチテーゼなどの様々な表現がそれを示すように、「表現は自由」とされている。我が国の法が定める「表現の自由」だけでなく、各国それに類するものが存在する場合が多く、事実上慣習としても親しまれているものであると考える。しかしあくまで批評や論理的反省を中心に議論するならば、「記号表現」「記号内容」を中心に表象された作品について議論していくことは可能である。時にそれは感覚的な叙述がされることもあるし、社会的側面からも論じられる場合もあるわけであるが、あくまで論理的反省を求める場合には我々のアプローチは有効である場合が多い。しかし如何に研究と言えど、下記には留意した方が良いと考えている。

1. 人間の感覚には個々の素晴らしさがあるわけで、干渉は避けたい。
2. 言葉にならないもの、感覚でしかまだ存在しないものに敬意を払いたい。

2.2 シニフィエとシニフィアン

シニフィエとシニフィアンはソシュールにより定義された言語学用語であり、

シニフィエ＝記号内容、シニフィアン＝記号表現

で対を成し、シーニュ（記号）と呼ぶ。例えば、シニフィアンは語の持つ感覚的側面で、「海」という文字や「うみ」という音声を指す同様に、シニフィエは「海のイメージ」や海という概念、ないしはその意味内容を指す。

衣服芸術から見るシニフィエとしては、例えば

- 布を扱う手法（布を捌く）
- 各部位をどのように扱ったか
- 既知の手法を如何に新しく扱ったか

が挙げられる。

ここで芸術と美術について述べる。美術は芸術に含まれるとされるが、個別に発展する側面が大きく、独立した一つの分野と扱うのが適切と考える。芸術で扱うのは、芸術についての新たな知見や発見である場合が多い。美術は手法や技術の幅を扱う傾向が高いが、今後もそうとは限らない。事例的連関として美術が議論に上る場合はあるが、芸術は芸術固有の範囲で議論が進むのが一般的である。その理由を少し考えてみたい。私的見解に過ぎないものも多分に含まれるとするが、序文に示した意味で読者の視点に委ねるものとする。

芸術作品が何故芸術たりうるか、この視点が大きく再考の余地を帯びたと言えるこの五十年、芸術は常にこの成立要件について考える機会が多かったと考えている。多様な手法の生まれ出た現代において、美術的連関を芸術の議論対象に含めることは、事例紹介の過多と議題の焦点の曖昧さを助長しかねない側面があると考える。芸術批評の多くは、論理的反省の視点も多分に含まれているし、対象に沿って芸術として論じて行くうえでは多少の限定も必要になるかもしれない。手法自体の新規性と作品が表すもの、または副次的連関を持って示せる、あるいはそこから想起可能なものについては、個別に論じることが適当であると考える。我々は議論をより論理的反省を行うためとして、「芸術領域」「美術領域」の区分を持って議論することが多い。そもそも定義さえ覆るかのような変化の多い分野であるために、上記姿勢を採用した。

記述行為 (芸術領域) : 一般に、「作家の手を離れる」状態とも言われている。人間が出来る範囲である。型紙を介した記述行為であり、「型紙を記述」、「その後の処理」、「加工の指示」までが範囲である。

記述下の多様性 (美術領域) : 手法、加工、処理、全ての組み合わせと可能性の体系である。作品としての 意味から離れて、事例的に存在する。

芸術の場合、自身が全く製作を行わず、例えば既成の便器をそのまま展示するケースも多々存在する。事例として高名な「デュシャンの便器」は「泉」と命名され永久所蔵されているが、歴史的に見ても、顕著な暗黙知に対するアンチテーゼの好例としても重要な作品であると考える。何かを展示する、その何かを引数である関数と考えるならば、現前もまた記述可能な関数として扱うことは可能であろう。その何かは通例は作品であり、作家は多くの場合作品を如何に形成するかに時間を割くとも言える。作品の形成過程を論理的反省可能な過程と見るならば、記述行為（芸術領域）と記述下の多様性（美術領域）に区別して考えることは独立性を保つまとまった発展を築くものとなる。「記述下の多様性を理解したうえで、何を表象し得たのか」この視点で議論することはそうでない場合よりも豊かな結果を生むはずである。ファメスプロジェクトではそれらをふまえ芸術を「記号表現」と「記号内容」により重点をき、記号記述を支える数理面からの整備を進めている。

幾つか主立った記号表現で扱う対象を挙げておく。

- 寓意などの神話的対象との連関
- 手法などの歴史的事実との関係
- 記述行為そのものの概念による概観
- 美術的な新規性を通した芸術史の再考

2.3 寓意

寓意では、神話的対象が主として扱われる。背景にある一般的な考え方は以下の通りである。

- 物語の多くの形態はギリシャ神話に見受けられる。新たな物語もその連関に収まる場合が多い。
- 連関をもって新たな意味を持つ構成も創造行為である
  (E. パノフスキーの著書「イコノロジー研究」に詳しい)。

数式処理を用いる利点として以下のものが挙げられる。

- 様々な分野の知識を記述出来、数式を介し芸術についての考えを支える、熟考可能な媒体性と記述文の拡張性。
- 芸術は様々な分野の知識が入り乱れて成立している。その多くを記述し、数学を基準に徹底して精査し学べる。
- 過去の知識を如何に整理し扱うか、過去の知識に矛盾が無いか、「学びたい」意思に役立つというそこに必要な要素が揃っている。

作品そのものが媒介物にもなる。構造と構成の記述を介し、推論を進めたいと考えている。ファメスプロジェクトで扱う際は、考えよう、学ぼうとする時に価値が生じると考える。
数式処理を用いて構造と構成を評価するには、以下の長所がある。

- 数式を介し構成や構造を考えられることは、曖昧になりがちな感覚や記憶に頼らず考えるための基準を与えてくれる。
- 混濁しがちに複数の分野の知識が導入される場合、数式は動かない確かな論点を記録出来、視点と論点の移り変わりも記録出来る。

現在の目標は「芸術を表象する」という言葉に集約出来ると考えている。芸術を考えていくための記述基盤を整備する一方で、作品の構成と構造のそのものがその考える基盤としての記述性を有し、作品そのものが発展や変化を書き記す媒体の役目さえ担う場合が多々存在する。勿論、象徴に至った作品も存在し得ることになるし、動画のような構成要素数の大きな作品の場合は、その過程の遷移規則さえ記述行為として研究の対象になっていく。逆に言えば、その遷移規則そのものも作品として在り方を表現するファクターである。動画は特に、単位としての静止画を含め、衣服、音楽、家具、建築、ほとんどの芸術を集約的に扱うことの出来る媒体性を備えた表現分野であり、スタジオフォンズでは製作資金こそ小さいがその成果を集約し表現出来る作品として徐々に製作を進めている。製作段階のものを数学研究者に公開もしているが、その製作に協力頂くという姿勢では決して無く、その製作の中で出て来たノウハウを万人へ公開出来る論理性を備えた研究へと昇華するにあたって、可能な所から利用していっているというのが現在の姿勢となっている。つまりスタジオフォンズが持つ目標である映画製作の中で、研究として値する部分は研究者との協働をもって発展させる場合があるということで、論理的な表現を作品に用いるのが目的と言うわけではない。論理的な構成が妥当な場合は当然採用しているが、あくまで作品制作は論理的な反省を得て生まれている一定のまとまりを帯びているのであって、反省点が見つかればそれを反映するという進行を行っている。そのため作品は一時的形成をもって形象化されている。論理的結果は論文で示し発展させるにおいて、いわゆる通常の研究と姿勢は変わらない。

3 ファメスプロジェクトについて

ファメスは渇望を意味するラテン語であり、我々の研究への動機である「知りたい、考えたい、学びたい」を表すに適した言葉と考えた。複数の数学者、数式処理研究者、企業の人間が関わる本プロジェクトに

おいては、ファメスプロジェクトとしてサイトを設営し、情報公開を進めようとしている。元々は著者の一人である桐生氏による十五年来の構想が基になり進められている。また桐生氏は本研究の主導性を担い、近年では数式処理だけでなく数学者向けの研究集会にも参加し初めている。その目的は、数学者の語る芸術論、芸術家の語る芸術論や数学への理解に、一定の疑問を有し、論理的かつ体系的な学問体系として「数理と芸術」を着実に育てて行きたいという広大な着想に端を発したものである。そのため、数学や芸術を「知る、学ぶ、考える」ことは重要であり、その意味で桐生氏も数学の集会への参加や発表を次第に増やし相互理解を進めているのが現状である。このプロジェクトはまだ始まったばかりであるし、着実であれど成果もまだそれにふさわしい程度と言えるだろう。本稿の目的の一つである現状理解の糸口の紹介として、現在のファメスプロジェクトの進行状況を記載する。途上段階であるが、その過程は今後の考察への土台となるよう概観を旨とした記述形式を多用する。

3.1 記述行為と記号表現

話を簡単にするためこの一年最も力を入れて来た衣服面での進展を中心に記載する。ロランバルト「モードの体系」が発端となり、メディアを介した衣服に体する記号表現からの理解は十分な賛同を経て発展して来ている。その成果は制作者である作家側にも一定以上の理解が育まれ、結果、メディアを介した衣服芸術における表現さえ顕著になって来ているのが現状から考察出来る。それは広告文化の発展とともに、またパリ、ミラノ、NY、日本のそれぞれのコレクションで発表された情報を世界に伝播するなかで、メディアを介した情報共有と衣服記号表現は顕著に慣習化し今に至る。最もインターネットを利用した近年の発展もその文脈において理解は難しくない。我々の研究は、現在の衣服製作はあまりに勘と経験に支えられた実製作により、メディアに記述する記述文の段階での論理性が発達していないという着眼に始まった。論理的反省を行うには論理的な記述が相応しいのは明らかである。そこで衣服への記述文に数理を導入し、記述文の組み合わせによる形象理解とそこで表象し得るものを中心に近年の研究として進めて来ていた。この成果は現在投稿中の [18] にまとまったかたちで記されている。ここではその留意点と現在進行中の衣服以外の芸術分野での進展と絡め多少の説明を行うものとする。論理的明確性は今後かたちになり次第発表するものとする。

3.2 記述文から見た記号表現

1. 記述そのものを構成と構造について考えるために導入する
2. 1. を経て得た記号表現について論理的に整理していく
3. 2. は記号を介し想起したものを扱ううえで媒介的に用いられる
4. 記述を介し副次的なもの一切を考える
5. どう考えていて、どのように考えていけるのかを書き込み使用していく
6. 論理的に作品を記述するうえで必要な記述文と形式を中心に進める

特に 5. は数式処理上で実装した作品形成過程を記号的に記述出来るソフトウェアにより、「再加工を可能とする記述」を前提とし、全ての記述文は数式のまま保持されることにより、記述文同士の数学的考察を可能とする。現状は衣服面でまず充実した成果を挙げているが、基本姿勢は衣服以外の芸術分野にも同じであり、現在製作を進めている。

3.3 衣服以外の芸術分野での進行状況

静止画（写真、グラフィクスなど）、動画、家具、建築、音楽、全てを扱うべく基礎的なソフトウェア実装は済ませている。ほとんどの作業は歴史上存在した様々な形態を一度分類し実際に数冊の本として分類ごとに詳細を形式的にまとめているのが現状である。今のところ記述式から論理的に扱える段階へ達したのは衣服分野のみであるが、これらのとりまとめを経てその内実を問う基準としての論理的な記述文を設定していく予定である。これらの資料は数学者や数式処理研究者にも希望があれば閲覧頂いている。

4 衣服意匠と数理科学の連携

これまで衣服の記述は勘と経験に支えられた職人芸的な微調整による型紙の制作により支えられて来た。その方法にはダミー人形に直接布地を置く立体裁断などいろいろな方法あるが、型に定義はなく、それぞれの記述線の定義もない。これらの手法は大まかに認知されているが、我々は「布の捌き（取り扱い）」について論理的に再考するための基準があればこれらの手法を整理出来ると考え、研究を進めてきた。これまで「布の性質」であり、「型紙への記述行為」について整理出来る数式を探すことに大半の時間が費やされた。具体的には下記の点での衣服意匠と数理科学の連携の目安がついてきている。

- カテナリーをベースとした制作基盤による衣服の構造の明示化
- 衣服を各部位に分割して独立に設計することによる衣服の構成の明示化
- 記述行為とパラメータの関係を数式化することによる記述行為と記述下の多様性の確保
- 各部位の性質を数式で表現し、それらを連携することによる衣服の構成ルールの明示化
- カテナリーをベースとしない制作基盤を考察することによる論理的な発展

これらの詳細は [18] を参照していただきたいが、以下ではその数理化学的な側面について解説していく。

5 これまでの研究の数理学的側面

5.1 一般化カテナリー曲線の導入

ここでは、[18] に沿い、一般化カテナリー曲線の定義とその衣服の仕立てのシンタックスへの導入について概説する。詳細は [18] を参照せよ。

定義 1

$$y = \frac{e^{ax} + e^{-ax}}{2b} \tag{1}$$

を一般化カテナリー曲線と呼ぶことにする。

一般化カテナリー曲線において、$b = a$ とおけば、通常のカテナリー曲線となる。また、一般化カテナリー曲線は

$$y = \frac{a}{b}\left(\frac{e^{ax} + e^{-ax}}{2a}\right) \tag{2}$$

と書けるので、カテナリー曲線を y 軸方向に $\frac{a}{b}$ 倍拡大縮小したものである。

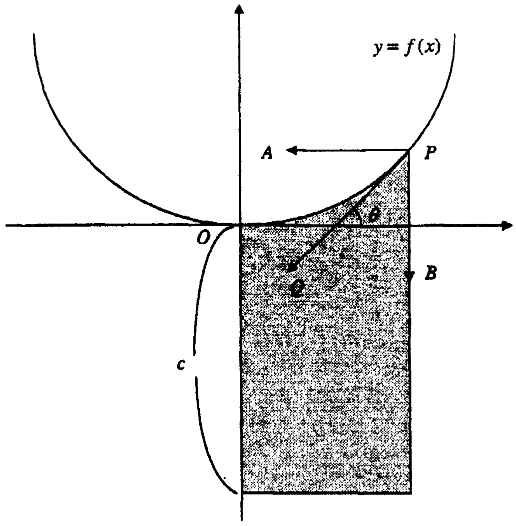

図 1: 曲線と力のつりあい

5.2　一般化カテナリー曲線の導出とその特定

5.2.1　導出

原点を通る関数 $y = f(x)$ を考える。 $y = f(x)$ の下に布 (図 1 の着色部分) が垂れており、ここにかかる重力を $y = f(x)$ の曲線で支えているとする。この状態で力のつりあいが取れるような関数 $y = f(x)$ を求める。点 P において、$y = f(x)$ に接線 PQ を引き、その垂直成分を PB、水平成分を PA とする。接線 PQ 方向の張力の大きさを T 、水平方向の張力の大きさ（PA の長さ）を H、接線 PQ と x 軸がなす角を θ とおくと、水平方向の力のつりあいより

$$H = T\cos\theta \tag{3}$$

次に垂直方向について考える。点 P にかかる重力は図の着色部分の面積を M 、単位面積当たりの質量を w、重力定数を g とすると gwM である。これが垂直成分の張力とつりあっていることより

$$gwM = T\sin\theta \tag{4}$$

ここで図より M は

$$M = cx + \int_0^x f(t)\ dt \tag{5}$$

で与えられる。(4) の両辺をそれぞれ (3) の両辺で割ると

$$\frac{gwM}{H} = \tan\theta \tag{6}$$

を得るが、(6) の左辺は (5) より

$$\begin{aligned}\frac{gwM}{H} &= \frac{gw}{H}\left\{cx + \int_0^x f(t)\ dt\right\}\\ &= kcx + k\int_0^x f(t)\ dt \end{aligned}\tag{7}$$

と書ける（ただし、$k=\frac{qw}{H}$ と置いた)。$\tan\theta$ は接線の傾きと等しいので、(6) の右辺は $f'(x)$ と置き換えることができる。よって (6), (7) より

$$kcx + k\int_0^x f(x)\,dt = f'(x) \tag{8}$$

(8) に $x=0$ を代入すると、

$$f'(0)=0 \tag{9}$$

を得る。また (8) の両辺を x で微分すると

$$kc + kf(x) = f''(x) \tag{10}$$

を得る。(10) の微分方程式を $f(0)=0$ ($y=f(x)$ は原点を通るという条件) と (9) の拘束条件の下で解くと

$$f(x) = -c + \frac{ce^{\sqrt{k}t}+ce^{-\sqrt{k}t}}{2} \tag{11}$$

を得る。(11) において $k=a^2$ とおけば

$$f(x) = -c + \frac{ce^{at}+ce^{-at}}{2} \tag{12}$$

を得る。これはカテナリーに非常に良く似た関数

$$f(x) = c\left(\frac{e^{at}+e^{-at}}{2}\right) \tag{13}$$

を y 軸方向に c ほど下へシフトし、原点を通るようにしたものになっている。(13) は

$$f(x) = \left(\frac{e^{at}+e^{-at}}{\frac{2}{c}}\right) \tag{14}$$

と書けるので、$b=\frac{1}{c}$ と置くと、(1) の一般化カテナリー曲線を得る。

5.3 曲線の特定

5.3.1 カテナリー曲線の特定

カテナリー曲線

$$y=f(x)=\frac{e^{ax}+e^{-ax}}{2} \tag{15}$$

が図形的に与えられたとき、パラメータ a を特定する方法を考える。

上図のように、曲線上に任意の点 P をとり、上図のように c,d を決める。このとき (15) より

$$d+\frac{1}{a} = f(c) = \frac{e^{ca}+e^{-ca}}{2a}$$

を得るが、これより

$$q(a) = d+\frac{1}{a} - \frac{e^{ca}+e^{-ca}}{2a} \tag{16}$$

を定義すると、$q(a)$ を満たす a が求めるパラメータの値である。よってこれをニュートン法などを用いて求めればよい。一般的に、方程式の解は 1 つとは限らないが、次の定理にあるように、$q(a)=0$ の実数解はただ 1 つ存在する。

定理 1 ([18] 定理 1)
(16) で $q(a)$ を定義するとき、$q(a)=0$ の実数根はただ 1 つ存在する。

証明
[18] の付録を参照。

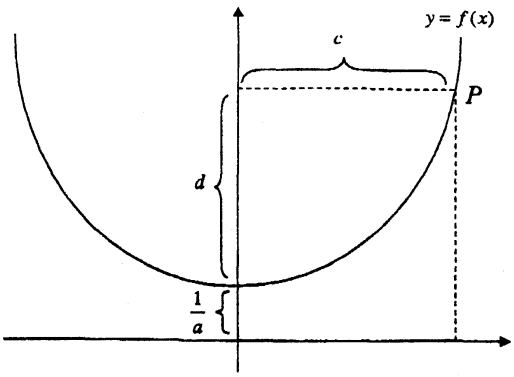

図 2: カテナリー曲線の特定

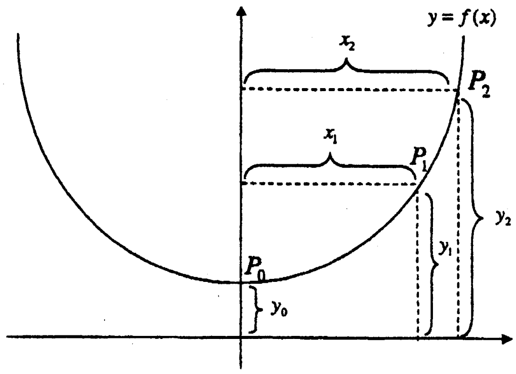

図 3: 一般化カテナリー曲線の特定

5.3.2 一般化カテナリー曲線の特定

一般化カテナリー曲線

$$y = f(x) = \frac{e^{ax} + e^{-ax}}{2b} \tag{17}$$

が図形的に与えられたとき、パラメータ a, b を特定する方法を考える。

上図のように、曲線上に点 $P_0 = (0, y_0)$, $P_1 = (x_1, y_1)$, $P_2 = (x_2, y_2)$ をとる。ただし、x_1, x_2, y_0, y_1, y_2 は

$$0 < x_1 < x_1, \quad 0 < y_0 < y_1 < y_2$$

を満たす実数とする。このとき、次の定理が成り立つ。

定理 2 ([18] 定理 2)
図 3 のように 点 $P_0 = (0, y_0)$, $P_1 = (x_1, y_1)$, $P_2 = (x_2, y_2)$ を

$$0 < x_1 < x_2, \quad 0 < y_0 < y_1 < y_2 \tag{18}$$

を満たすように採る。このとき、3 点 P_0, P_1, P_2 を通る一般化カテナリー曲線が存在するための必要十分条件は

$$\frac{x_1^2}{y_1 - y_0} > \frac{x_2^2}{y_2 - y_0} \tag{19}$$

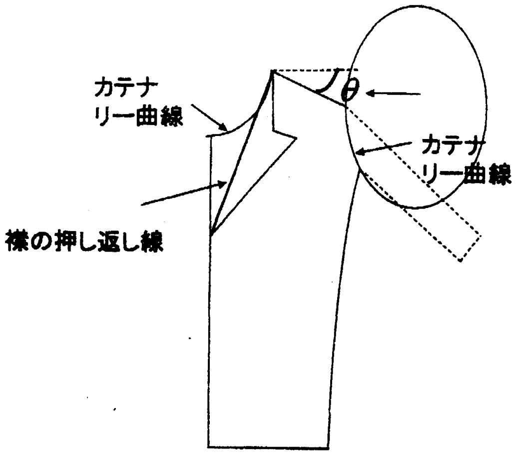

図 4: ジャケットの前身頃の右半分（1）

である。またこの条件 (19) が満たされるとき、点 P_0, P_1, P_2 を通る一般化カテナリー曲線はただ1つ存在し、(17) のパラメータ a, b $(a, b > 0)$ は一意に決まる。

証明

[18] の付録を参照

5.4 Risacon での発表内容

Risacon（Risa/Asir Conference 2007, 2007 年 3 月 19 日〜21 日於 神戸大学）での研究発表に於いては、下記の 3 点について考察した (図 7、図 8 参照)。

- ジャケットの場合の衣服の骨組み
- 特に肩線の傾き、襟の折り返し線と骨組みのラインの関係
- 肩線の傾きと衣服の布地の張り、撓みの関係

考察の流れを追うと、以下のようになる。

- 片側、前後の身頃の結合下において考察する
- 人が着て変形することを念頭に衣服構成の記述の点から考える
- 垂れた状態としての曲面として記述することで、体系差によって変化を受け入れて尚、論理的な記述が可能 。垂らすという性質を持つ記述文となる
- この場合、生地の目地の向きで考えて明確な通り、 力の流れを向きで考えられるのが一般化の利点である。

さて、ここで目地の向きを通して、 肩線とジャケット襟の直交条件を考える。図 6 にあるように、ジャケット襟が肩線に直交な線で折り返す場合、図の角度から把握出来るように、 後ろ身頃の目地の向きと一致する。垂直、水平方向の基準線としての役割を果たしながら、 肩線とジャケット襟の直交性が存在している (例：縦縞、横縞をもって水平、垂直の構成が明示可)。

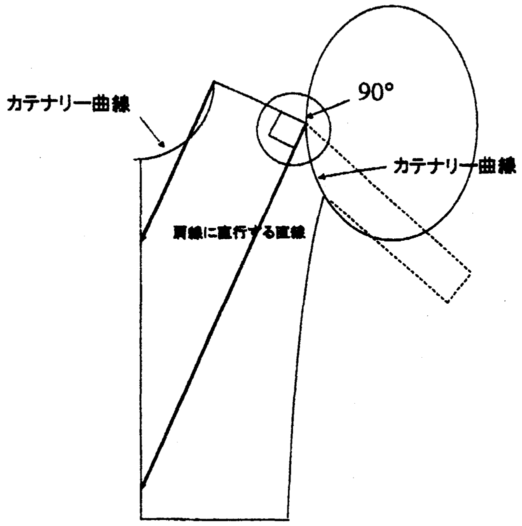

図 5: ジャケットの前身頃の右半分（2）

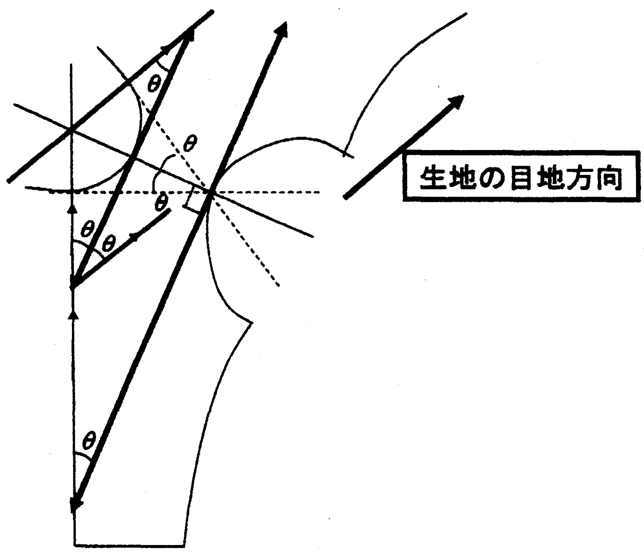

図 6: 肩線とジャケット襟の直行条件

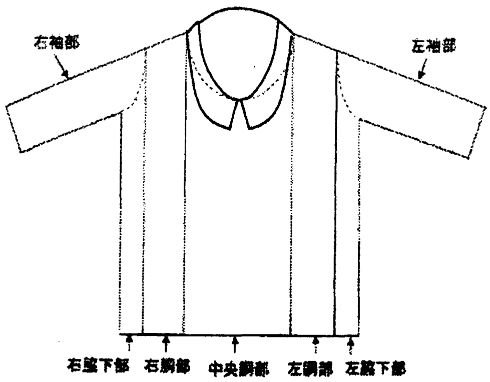

図 7: 前後カテナリーで記述した身頃を用いたシャツ

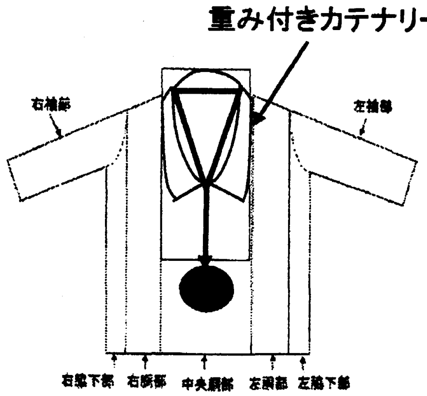

図 8: 前は重み付きカテナリー、後ろはカテナリーで記述した身頃を用いたシャツ

6 重み付きカテナリーによる直線部の理解

上記の Risacon での発表後、竹島氏（当時の所属：富士通研究所、現所属：金沢工業大学）との議論を経て、下記の 3 種類の衣服について取り扱うようになった。

1. 前後カテナリーで記述した身頃を用いたシャツ（図 7）
2. 前は重み付きカテナリー、後ろはカテナリーで記述した身頃を用いたシャツ（図 8）
3. リサコンで話題にしたジャケット（図 9）

上の 2., 3. の前身頃は共に重み付きカテナリーであった、共に同じ力学的性質を持ちえる。「ジャケット襟は重み付きのカテナリーの 1 つのバリエーションと捉えることができるのではないか?」と予想し、カテナリー曲線の下端に重りのぶら下がった図 10 のような図形を考えた。この図形にある関数 $y = f(x)$ に対する微分方程式を考えると

$$kcx + k\int_0^x f(x)\,dt + km = f'(x) \tag{20}$$

を得る。ただし、km は重りを表す項である。この式に $x = 0$ を代入すると

$$km = f'(0) \tag{21}$$

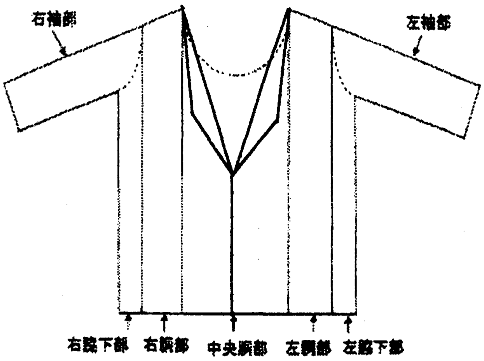

図 9: Risacon で話題にしたジャケット

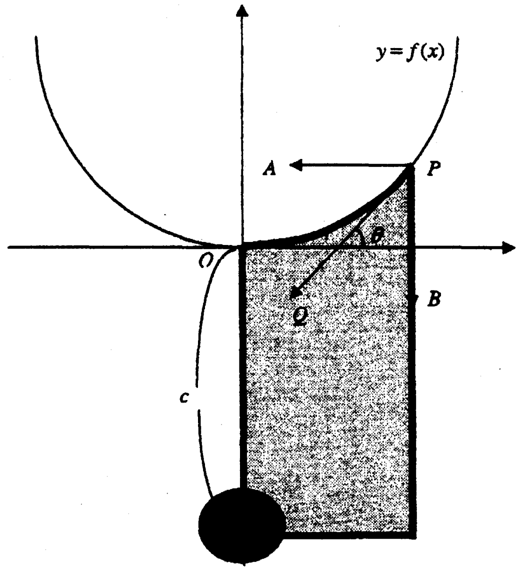

図 10: カテナリー曲線の下端に重りのぶら下がった図

を得る。また (20) の両辺を x で微分すると

$$kc + kf(x) = f''(x) \tag{22}$$

を得る。ここで

$$f(1) = 1 \tag{23}$$

と定め、(22) を (21),(23) の境界条件の下で解くと

$$\begin{aligned} y &= f(x) = \frac{2(1+c)}{e^a + e^{-a}}\left(\frac{e^{ax}+e^{-ax}}{2}\right) + \frac{2am}{e^a+e^{-a}}\left(\frac{e^{a(x-1)}-e^{-a(x-1)}}{2}\right) - c \\ &= \left(\frac{2(1+c)}{e^a+e^{-a}}\right)\cosh(ax) + \left(\frac{2am}{e^a+e^{-a}}\right)\sinh(ax) - c \quad (\text{ただし、} a = \sqrt{k}) \end{aligned} \tag{24}$$

を得る。この式は重りの重さが 0 の場合、すなわち $m = 0$ の場合は

$$f(x) = \left(\frac{2(1+c)}{e^a+e^{-a}}\right)\cosh(ax) - c \tag{25}$$

となり、重りが増えるに従い

$$f(x) \to \left(\frac{2am}{e^a+e^{-a}}\right)\sinh(a(x-1)) \tag{26}$$

となっていく式である。$a = 1, c = 1$ のときに、$m = 0, 1, 2$ に対する $y = f(x)$ のグラフを図 11, 12, 13 に示す。

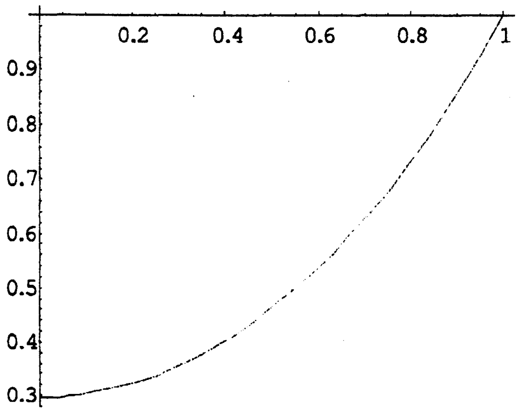

図 11: $y = f(x)$ のグラフ $(a = 1, c = 1, m = 0)$

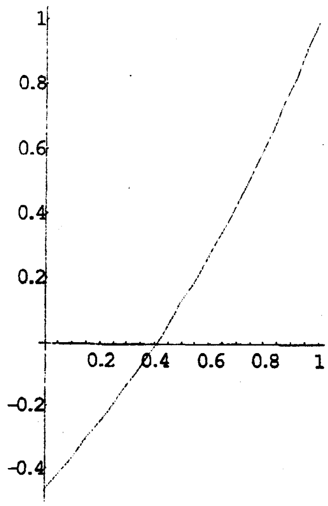

図 12: $y = f(x)$ のグラフ $(a = 1, c = 1, m = 1)$

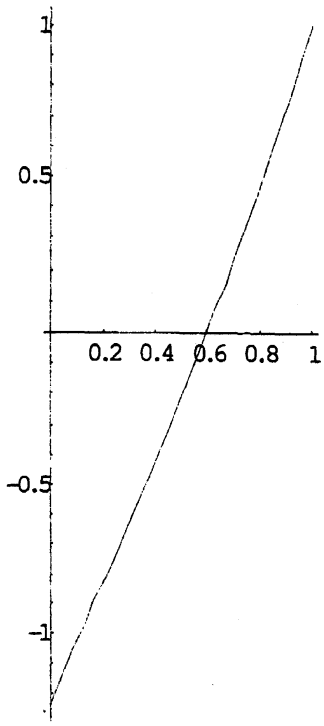

図 13: $y = f(x)$ のグラフ $(a = 1, c = 1, m = 2)$

以上より、カテナリーをベースとしない制作基盤（論理的な発展）として、次を得る。

- カテナリーでない曲線 $\sinh(x)$ が微分方程式より導出された。
- この曲線の物理的な意味、衣服意匠上の意味や活用形態を探る。

- これにより、衣服の垂れていない部位にも衣服制作基盤を発展できるのではないかと期待

7 まとめ

本研究及び、「数理と芸術」という二つの分野を扱うこの領域において、最も困難のなのは互いの歴史やこれまでの成果を尊重するという難しさではないだろうか。芸術を中心に学んで来た者が、現在の数学を見て驚きを抱く機会が多いように、異分野ということで理解の行き届かないことは十分に有り得る話である。それぞれが専門の分野として発展し、互いの基準を満たす余地を探すことさえ大変であるのは現状である。我々のプロジェクトではその点において互いの専門がよりよく均衡の取れたかたちで現在に至る結果を挙げていると考えている。後続の研究者や同種の挑戦を行う研究者にとって、今回のドキュメントがその研究姿勢を築き得るための土台となって欲しいと心から願っている。尚、今回の発表に先行して、第16回日本数式処理学会のディスカッションとして、「数式処理と芸術：研究指針のガイドラインと可能性について」高橋正（神戸大)、桐生裕介（スタジオフォンズ）を設けて頂いた。質疑応答やその後の会話を基にして得られた本稿は、「数理と芸術」という二つの分野を扱うこの領域においてひとつの指針を記録するものとしている。「表現の自由」を鑑みて言えば、今後この研究は次第に数学色の濃さを増していくだろう。論理的反省を旨として文化とはまた違う発展も出始めるような予測をしている。

参考文献

[1] ロラン・バルト (佐藤信夫訳) “モードの体系” みすず書房,1972.

[2] ジルドゥルーズ (財津 理訳) “差異と反復” 河出書房新社, 1992.

[3] ジルドゥルーズ (宇波 彰翻訳) “プルーストとシーニュ” 法政大学出版局, 1986.

[4] ジルドゥルーズ (守中 高明、他訳) “批評と臨床” 河出書房新社, 2002.

[5] ジャック・デリダ (林 好雄訳) “声と現象” 筑摩書房, 2005.

[6] ジャック・デリダ (高橋 允昭、他訳) “哲学の余白” 法政大学出版局, 2007.

[7] ジャック・デリダ (若桑 毅訳) “エクリチュールと差異” 法政大学出版局, 1977.

[8] エルヴァン・パノフスキー (浅野 徹 他訳) “イコロジー研究〈上, 下〉” 筑摩書房, 2002.

[9] エルヴァン・パノフスキー (伊藤 博明 他訳) “イデア—美と芸術の理論のために” 平凡社, 2004.

[10] G.W.F. ヘーゲル (長谷川 宏 訳) “ヘーゲル美学講義〈上, 下〉” 作品社, 1995.

[11] カトリーヌ マラブー (西山 雄二 訳) “ヘーゲルの未来—可塑性・時間性・弁証法” 未来社, 2005.

[12] カトリーヌ マラブー (高橋 哲哉 他訳) “デリダと肯定の思考” 未来社, 2001.

[13] 高橋, 桐生 “数理と芸術：記号処理と論駁可能性について” 第１５回日本数式処理学会大会報告集, 東京,2006.

[14] 桐生, 北本, 長坂, 高橋, 山口 “カテナリーを用いた衣服における記号記述の基盤整備” 京都大学数理解析研究所研究集会 Computer Algebra – Design of Algorithms, Implementations and Applications 2006, 京都,2006.

[15] 桐生, 北本, 竹島 “肩線から見たジャケットの幾つかの数学的性質” Risa/Asir Conference 2007, 神戸, 2007.

[16] 高橋, 桐生 “数理と芸術：記号処理と論駁可能性について” 第１６回日本数式処理学会大会報告集, 倉敷,2007.

[17] 桐生, 北本, 山口 “衣服記号記述基盤における構造と構成の表記について” 第１６回日本数式処理学会大会報告集, 倉敷,2007.

[18] 桐生, 北本, 山口 “カテナリー曲線と衣服の関係について” 電子情報通信学会論文誌へ投稿中.